



PROYECTO JUNIOR PIJ-15-07

"Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas"

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte días del mes de mayo del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Junior **PIJ-15-07: "Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas"**, por una parte la **Dra. Alexandra Alvarado** en calidad de **Vicerrectora de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Freddy Geovanny Ordoñez Malla** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Junior Pij-15-07**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) El 4 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 22, se aprueba el cronograma para la convocatoria de proyectos de investigación 2015.
- b) El 11 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 32, se ratifica el calendario para los proyectos de investigación aprobado en la Resolución Nro. 22.
- c) Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos de investigación de la convocatoria 2015, en sesión ordinaria del 21 de septiembre de 2015 y al amparo de lo dispuesto por CIPS, mediante Resolución Nro. 53, se resuelve aprobar el informe final de los proyectos de investigación propuestos de la convocatoria 2015, entre ellos el denominado: **"Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas"** presentado por el Dr. Freddy Geovanny Ordoñez Malla.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PIJ-15-07
Nombre del Proyecto	Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas
Director del Proyecto	ORDOÑEZ MALLA FREDDY GEOVANNY
Colaborador del Proyecto	VACA JIMENEZ SANTIAGO DAVID ACURIO MENDEZ ELIANA MARIBEL TASIGUANO POZO CRISTIAN ANDRES YACELGA PINTO MARCO ESTEBAN

Handwritten signature

Handwritten signature



Departamento	Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)
Líneas de Investigación	<ul style="list-style-type: none">Energías alternativas
Objetivo	Determinar la ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido al seguimiento solar en uno y dos ejes para regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad aplicado a la recarga de bicicletas eléctricas
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">Inicio: 01 de junio de 2016Fecha de fin planeada: 31 de mayo de 2018Fecha de fin prórroga ordinaria: 31 de diciembre de 2018
Entrega del Informe Final	09 de abril de 2019
Presupuesto asignado	\$ 80.240,00 USD (ochenta mil doscientos cuarenta dólares americanos con 00/100)
Presupuesto ejecutado	\$ 80.153,67 USD (ochenta mil ciento cincuenta y tres dólares americanos con 67/100)

3. INFORME FINAL:

Con Memorando Nro. EPN-PIJ-15-07-2019-0002-M entregado el 09 de abril de 2019, el Dr. Freddy Geovanny Ordoñez Malla presenta al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social - VIPS, el informe final del Proyecto de Investigación Junior PIJ-15-07. La información fue recibida y revisada por la Dirección de Investigación y Proyección Social - DIPS.

La documentación entregada por el director del proyecto PIJ-15-07 se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- En el presente proyecto junior se planteó como objetivo general el estudio de la ganancia solar debida a seguimiento en sistemas fotovoltaicos. Este estudio se llevó a cabo utilizando simulación y experimentación. Para ello se implementó un banco de pruebas de seguimiento solar y un prototipo de estación de recarga para bicicletas eléctricas. Como parte del banco de pruebas una estación de medición de radiación solar fue implementada. Esta estación es capaz de medir las tres componentes de irradiación solar: DNI, GHI y DHI. Adicionalmente, se logró el préstamo de una estación meteorológica que ha sido puesta en marcha mediante una inter-comparación con equipos calibrados de la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. Esta estación mide temperatura ambiente, velocidad y dirección de viento, irradiación solar ultravioleta A, B y C y precipitación. En breve, estos datos serán compartidos a través de una aplicación web.
- El banco de pruebas se encuentra actualmente operativo en la terraza del edificio de Ingeniería Química- Eléctrica y ha sido utilizado para realizar mediciones de seguimiento en uno y dos ejes. Estos datos están siendo analizados para ser enviados a una revista de alto impacto.
- Los datos experimentales complementarán los estudios de seguimiento realizados mediante simulación. Estos estudios indican que el seguimiento solar



en zonas ecuatoriales y andinas puede mejorar la ganancia solar en un 31% y un 27% cuando el seguimiento es en dos ejes o en un eje, respectivamente. Esta poca diferencia entre los dos tipos de seguimiento, nos lleva a sugerir que el seguimiento en un eje puede ser muy ventajoso ya que evita un sistema mecánico y de control adicional con una penalización relativamente baja.

- Se estudió también el efecto de las sombras sobre sistemas fotovoltaicos, con y sin seguimiento, en regiones ecuatoriales. Se dividió estas sombras en sombras por edificaciones y por elementos lejanos (montañas). Como era de esperarse las direcciones Este y Oeste son las direcciones más sensibles a sombras, llegando a pérdidas de hasta 30% debido a sombras cercanas. Un dato interesante encontrado es que en Quito, la dirección Este es más sensible que la Oeste, debido a que en esta ciudad las tardes son más nubladas que las mañanas. Respecto a las sombras debido a montañas, en Quito, estas pérdidas pueden ser del orden del 2-3%.
- Finalmente, se diseñó e implementó un prototipo de estación de recarga para bicicletas eléctricas que se lo ubicó en el parqueadero de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Este prototipo busca demostrar la factibilidad de implementación de este tipo de electrolíneas en ciudades como Quito. Esta estación ha sido monitorizada y estos datos están siendo analizados en vista a ser enviados a una revista de alto impacto.

RECOMENDACIONES:

- De acuerdo a los principales resultados y conclusiones del presente proyecto de investigación se recomienda dar continuidad a este tipo de estudios con fin de abrir una línea sólida de investigación en el área. Este tipo de estudios es de suma importancia no solamente en Quito sino en todo el país.
- Asimismo, es recomendable realizar estudios posteriores determinados por los resultados de esta investigación. Estos estudios deben enfocarse en la implementación y monitoreo de estaciones de recarga para movilidad eléctrica en condiciones reales de uso.

PRODUCTOS:

1. Artículo publicado: *Assessment of the energy gain of photovoltaic systems by using solar tracking in equatorial regions*; Ordoñez, F., Morales, C., López, J., Vaca, S.; *Journal of Solar Energy Engineering* (Q2); junio 2018; DOI: 10.1115/1.4039095.
2. Artículo publicado: *Improvements of photovoltaics systems by using solar tracking in Ecuatorial regions*; Vaca, S; Morales, C., Ordoñez, F.; publicado en las memorias del *33th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, septiembre 2017.

el



3. Poster: *Improvements of Photovoltaics Systems by Using Solar Tracking in Equatorial Regions*, presentado en *33th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, septiembre 2017, Ámsterdam, Holanda.
4. Presentación a la comunidad politécnica: *Estudio sobre movilidad y confort en viviendas*; Ordoñez, F.; *Conferencias Facultad de Ingeniería Mecánica*; mayo 2018.
5. Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: *Estudio energético en sistemas fotovoltaicos empleando seguimiento solar en regiones ecuatoriales*; Carlos Edison Morales Cumba; junio 2017; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17441>.
6. Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: *Dimensionamiento y algoritmo para la distribución de electrolineras alimentadas por sistemas fotovoltaicos para recarga de bicicletas eléctricas en el Distrito Metropolitano de Quito*; Iván Gabriel Mera Molina y Evelyn Melisa Chavarrea Cañizares; agosto 2018; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19709>.
7. Proyecto de titulación: *Diseño energético y simulación de una estación de recarga fotovoltaica con seguimiento solar para bicicletas eléctricas en la EPN*; Edwin Daniel Rosero Ruiz; abril 2019; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20193>.
8. Proyecto de titulación aprobado: *Estudio experimental de estrategias de posicionamiento de paneles fotovoltaicos mediante la implementación de un seguidor solar de un eje en la ciudad de Quito*; Martín Alarcón y David López.
9. Proyecto de tesis de Maestría en Eficiencia Energética aprobado: *Desarrollo de un sistema de control híbrido para seguimiento solar en dos ejes*; Jenny del Rocio Simbaña Haro.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto Junior PIJ-15-07 contó con asignación presupuestaria del VIPS de \$80.240,00 USD (ochenta mil doscientos cuarenta dólares americanos con 00/100), y se ejecutó \$80.153,67 USD (ochenta mil ciento cincuenta y tres dólares americanos con 67/100).

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Junior PIJ-15-07: "**Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas**".



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veinte días de mayo del año dos mil diecinueve.

Dra. Alexandra Alvarado
**Vicerrectora de Investigación
y Proyección Social**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Y PROYECCIÓN SOCIAL

Dr. Freddy Ordoñez
**Director del Proyecto Junior
PIJ-15-07**

cr/cc

